

## METHOD FOR CALCULATING CURRENT PRICE OF ASSET BACK SECURITY AND ITS PROGRAM

Publication number: JP2004038372

Publication date: 2004-02-05

Inventor: NAKAZATO DAISUKE

Applicant: MIZUHO DL FINANCIAL TECHNOLOGY

Classification:

- international: G06Q90/00; G06F17/10; G06F19/00; G06Q40/00;  
G06Q90/00; G06F17/10; G06F19/00; G06Q40/00;  
(IPC1-7): G06F17/60; G06F17/10; G06F19/00

- European:

Application number: JP20020192021 20020701

Priority number(s): JP20020192021 20020701

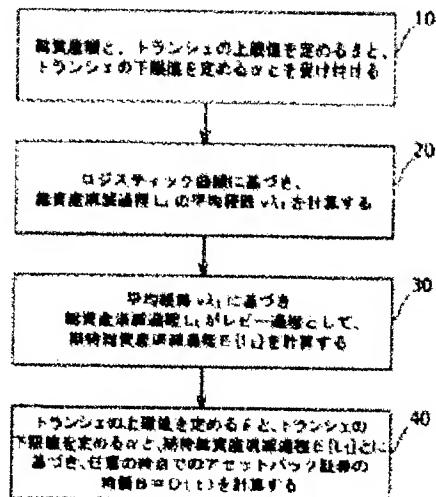
[Report a data error here](#)

### Abstract of JP2004038372

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a rational and quick method for calculating the current price of an asset back security and its program.

**SOLUTION:** This method for calculating the current price of an asset back security to be issued with the gross assets of a cash flow based on assets as guarantee comprises a step 10 for making a computer accept the upper limit value of tranche indicating the range of the assets being the guarantee of a security and the lower limit value of the tranche, steps 20 and 30 for making an expected gross assets disappearing process indicating the expectation of the gross assets disappearing process with the gross assets disappearing process as a levy process based on a model obtained based on the past data of the gross assets disappearing process, and a step 40 for making an arithmetic means calculate the current price of the security based on the upper limit value of the tranche, the lower limit value of the tranche, and the expected gross assets disappearing process.

**COPYRIGHT:** (C)2004,JPO



Data supplied from the [esp@cenet](#) database - Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-38372  
(P2004-38372A)

(43) 公開日 平成16年2月5日(2004.2.5)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G06F 17/60

G06F 17/10

G06F 19/00

F 1

G06F 17/60 206  
G06F 17/60 234C  
G06F 17/60 516  
G06F 17/10 Z  
G06F 19/00 110

テーマコード(参考)

5B056

審査請求 有 請求項の数 13 O.L. (全 29 頁)

(21) 出願番号

特願2002-192021(P2002-192021)

(22) 出願日

平成14年7月1日(2002.7.1)

(71) 出願人 599151008

みずほ第一フィナンシャルテクノロジー株式会社

東京都千代田区大手町1-5-1

100099623

弁理士 奥山 尚一

100096769

弁理士 有原 幸一

100107319

弁理士 松島 鉄男

中里 大輔

東京都千代田区大手町1-5-1 みずほ第一フィナンシャルテクノロジー株式会社内

F ターム(参考) 5B056 BB22 BB36 BB42 BB55 BB64  
BB74 BB91

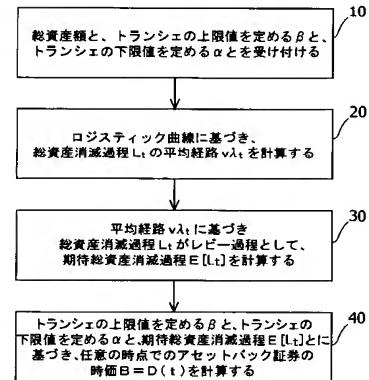
(54) 【発明の名称】アセットバック証券の時価計算方法とそのプログラム

## (57) 【要約】

【課題】合理的かつ迅速なアセットバック証券の時価計算方法とそのプログラムを提供する。

【解決手段】資産に基づくキャッシュフローの総資産額を担保として発行されるアセットバック証券の時価計算方法であって、証券の担保となる資産額の範囲を示すトランシェの上限値、およびトランシェの下限値をコンピュータが受け付けるステップ10と、総資産消滅過程の過去のデータに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレバーリング過程として、総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップ20、30と、トランシェの上限値と、トランシェの下限値と、期待総資産消滅過程とにに基づき、証券の時価を演算手段が計算するステップ40とを含むアセットバック証券の時価計算方法。

【選択図】 図5



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

資産に基づくキャッシュフローの総資産額を担保として発行されるアセットバック証券の時価計算方法であって、

総資産額、アセットバック証券の担保となる資産額の範囲を示すトランシェの上限値、および該トランシェの下限値をコンピュータが受付けて記憶手段に保存するステップと、総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレビュー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップと、

該記憶手段に保存されたトランシェの上限値および下限値と、計算された該期待総資産消滅過程とに基づき、該アセットバック証券の時価を演算手段が計算するステップとを含むアセットバック証券の時価計算方法。10

## 【請求項2】

資産に基づくキャッシュフローの総資産額を担保として発行されるアセットバック証券の時価計算方法であって、

総資産額、該アセットバック証券の担保となる資産額の範囲を示すトランシェの上限値、該トランシェの下限値、および支払予定日よりも前に支払いがなされることによる資産の消滅額の総資産消滅額に対する割合を示すプリペイメント率をコンピュータが受付けて記憶手段に保存するステップと、

総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレビュー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップと、

該記憶手段に保存されたトランシェの上限値および下限値と、計算された該期待総資産消滅過程と、該記憶手段に保存された該プリペイメント率とに基づき、該アセットバック証券の時価を演算手段が計算するステップとを含むアセットバック証券の時価計算方法。20

## 【請求項3】

資産に基づくキャッシュフローの総資産額を担保として発行されるアセットバック証券の時価計算方法であって、

総資産額、アセットバック証券の担保となる資産額の範囲を示すトランシェの上限値、該トランシェの下限値、該支払予定日よりも前に支払いがなされることによる資産の消滅額の総資産消滅額に対する割合を示すプリペイメント率、および該キャッシュフロー支払い義務者がデフォルトを起こしたときの資産の消滅額中回収される割合を示すリカバリー率をコンピュータが受付けて記憶手段に保存するステップと、

総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレビュー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップと、

記憶手段に保存された該トランシェの上限値および下限値と、計算された該期待総資産消滅過程と、記憶手段に保存された該プリペイメント率と、該リカバリー率とに基づき、該アセットバック証券の時価を演算手段が計算するステップとを含むアセットバック証券の時価計算方法。30

## 【請求項4】

総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレビュー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップが、

記憶手段に保存されている所与のロジスティック曲線モデルの選択をコンピュータが受付けるステップと、

総資産消滅過程の過去のデータと、ロジスティック曲線モデルの数値との差に基づき、該差を最小にするロジスティック曲線モデル中のパラメータを演算手段が非線形回帰推定計算するステップと、40

該パラメータに基づき、ロジスティック曲線を演算手段が計算するステップと、計算された該ロジスティック曲線を該総資産消滅過程の平均経路と演算手段がするステップと、期待総資産消滅過程を表すレビー過程モデル式の選択をコンピュータが受付けるステップと、選択された期待総資産消滅過程を表すレビー過程モデル式に前記平均経路を代入することにより、前記期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップとを含むものである、請求項1～3のいずれかに記載のアセットバック証券の時価計算方法。

【請求項5】

前記レビー過程が、ポアソン過程と、ウィナー過程と、ポアソン過程およびウィナー過程を組み合わせた過程とから成る一群から選択される過程であることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載のアセットバック証券の時価計算方法。

【請求項6】

前記レビー過程が単調増加であることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載のアセットバック証券の時価計算方法。

【請求項7】

資産に基づくキャッシュフローの総資産額を担保として発行されるアセットバック証券の時価計算プログラムであって、

総資産額、該アセットバック証券の担保となる資産額の範囲を示すトランシェの上限値、および該トランシェの下限値をコンピュータが受けて記憶手段に保存するステップと、総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレビー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップと、

該記憶手段に保存されたトランシェの上限値および下限値と、計算された該期待総資産消滅過程とに基づき、該アセットバック証券の時価を演算手段が計算するステップとを含むステップを実行するためのアセットバック証券の時価計算プログラム。

【請求項8】

資産に基づくキャッシュフローの総資産額を担保として発行されるアセットバック証券の時価計算プログラムであって、

総資産額、該アセットバック証券の担保となる資産額の範囲を示すトランシェの上限値、該トランシェの下限値、および該支払予定日よりも前に支払いがなされることによる資産の消滅額の総資産消滅額に対する割合を示すフリペイメント率をコンピュータが受けて記憶手段に保存するステップと、

総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレビー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップと、

該記憶手段に保存されたトランシェの上限値および下限値と、計算された該期待総資産消滅過程、該記憶手段に保存された該フリペイメント率とに基づき、該アセットバック証券の時価を演算手段が計算するステップとを含むステップを実行するためのアセットバック証券の時価計算プログラム。

【請求項9】

資産に基づくキャッシュフローの総資産額を担保として発行されるアセットバック証券の時価計算プログラムであって、

総資産額、該アセットバック証券の担保となる資産額の範囲を示すトランシェの上限値、該トランシェの下限値、支払予定日よりも前に支払いがなされることによる資産の消滅額の総資産消滅額に対する割合を示すフリペイメント率、および該キャッシュフロー支払い義務者がデフォルトを起こしたときの資産の消滅額中回収される割合を示すリカバリー率をコンピュータが受けて記憶手段に保存するステップと、

総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産

10

20

30

40

50

消滅過程をレビュー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップと、該記憶手段に保存された該トランシェの上限値および下限値と、計算された該期待総資産消滅過程、該記憶手段に保存された該プリペイメント率と、該リカバリー率とに基づき、該アセットバック証券の時価を演算手段が計算するステップとを含むことを特徴とするアセットバック証券の時価計算プログラム。

【請求項 10】

総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレビュー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップが、

10

記憶手段に保存されている所与のロジスティック曲線モデルの選択をコンピュータが受付けるステップと、

総資産消滅過程の過去のデータと、ロジスティック曲線モデルの数値との差に基づき、該差を最小にするロジスティック曲線モデル中のパラメータを演算手段が非線形回帰推定計算をするステップと、

該パラメータに基づき、ロジスティック曲線を演算手段が計算するステップと、計算された該ロジスティック曲線を該総資産消滅過程の平均経路と演算手段がするステップと、

期待総資産消滅過程を表すレビュー過程モデル式の選択をコンピュータが受付けるステップと、

20

選択された期待総資産消滅過程を表すレビュー過程モデル式に前記平均経路を代入することにより、前記期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップと

を含むものである、請求項7～9のいずれかに記載のアセットバック証券の時価計算プログラム。

【請求項 11】

前記レビュー過程が、ポアソン過程と、ウィナー過程と、ポアソン過程およびウィナー過程を組み合わせた過程とから成る一群から選択される過程であることを特徴とする請求項7～10のいずれかに記載のアセットバック証券の時価計算プログラム。

30

【請求項 12】

前記レビュー過程が単調増加であることを特徴とする請求項7～11のいずれかに記載のアセットバック証券の時価計算プログラム。

【請求項 13】

請求項7～12のいずれかのプログラムを記録したコンピュータ読取可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、アセットバック証券 (ABS: Asset Backed Securities、資産担保証券ともいいう) の時価計算方法およびそのコンピュータプログラムに関するものである。

40

【0002】

【従来の技術】

近年、日本においても会計基準が変わり、企業の所有する資産について時価評価を行なうことが求められてきている。この結果、アセットバック証券の時価評価の必要性も高まっている。

【0003】

ここで、アセットバック証券とは、一般に、企業が保有する資産を裏付けにして発行され、企業が保有する債権や不動産などの資産を企業から分離し、その資産から生じるキャッシュフローを原資として発行される証券である。例えば、アセットバック証券は、住宅ローン、自動車ローン、クレジットカード債券などの消費者向けローン、債券、銀行ローン、売掛債券などのさまざまな資産のキャッシュフローを裏付けとして発行される。なお、

50

住宅ローンなどの抵当権に基づく債権は、MBS (Mortgage Backed Security、モーゲージバック証券) としてABSに含めないものとして分類されることがあるが、本発明においては、このMBSや、MBSの例であるCMO (Collateralized Mortgage Obligation)、CBO (Collateralized Bond Obligation)、CLO (Collateralized Loan Obligation) 等も、何らかの裏付け資産のキャッシュフロー収入に基づく流動性資産のであることから、ABSに含むものとする。

## 【0004】

アセットバック証券は、資産が生み出すキャッシュフローを担保にしているため、アセットバック証券発行後、何らかの理由によって、担保とされた個々の原資産からキャッシュフローが生み出されないことがあり得る。このとき、アセットバック証券の時価は発行時に比べて下がることとなる。

## 【0005】

キャッシュフローが生み出されない理由としては、例えば、住宅ローンを担保とするアセットバック証券では、住宅ローンの支払義務者の個人が債務不履行を起こしたり、支払期日よりも前に返済を行なうというプリペイメントによって将来に渡る金利分のキャッシュフローが目減りすることなどによって起こる。その結果、アセットバック証券の時価が下がることとなる。

## 【0006】

さて、アセットバック証券を発行するには、まず、資産を企業から分離するために、特別目的会社（または、特定目的会社、S P e c i a l P u r P o s e c o m p a n y、SPC）を設立する。企業は、資産をその特別目的会社に譲渡する。

特別目的会社は、譲渡された資産を裏付けにして証券を発行し、投資家に販売する。資産が企業から切り離されているため、元の企業が倒産などの事態に陥っても、特別目的会社が保有する資産が健全であれば、投資家は安心して証券の支払いを受けることができる。

## 【0007】

つまり、アセットバック証券は、元の企業の信用力ではなく、対象資産の信用力に対して投資される証券ともいえる。例えば、貸付債権を裏付けに発行されたアセットバック証券の場合、債権を保有していた企業が倒産しても、貸付債権自体が優良なのであれば、投資家は特別目的会社を通じて証券の支払いを受けることができる。

## 【0008】

企業から分離される資産（アセット）には、売掛金、受取手形、債券（社債）、貸付金（不動産におけるモーゲージ、住宅ローン、自動車ローン、クレジットカードローン）、リース債権、コマーシャルペーパー（CP）、などがあり、幅広い資産を対象にアセットバック証券を発行することによる証券化が行われている。しかし、高格付な再保証が付いていないタイプのアセットバック証券は、一般に担保となる資産の種類が多く複雑であり、以下に説明するように、その時価評価は難しい。

## 【0009】

アセットバック証券の時価評価が難しい理由のひとつは、アセットバック証券の再販市場が未整備なため、アセットの時価を決定するための市場の評価が得られないためである。再販市場とは、発行元が発行した証券を再び任意の者たち同士で売買できる市場のことであり、流通市場、セカンダリーマーケットともいわれる市場のことである。

## 【0010】

さらに、アセットバック証券の時価評価が困難である他の理由として、もし仮にアセットバック証券を精確に再評価しようとすると、アセットバック証券に組み込まれる原資産の個々の時価評価に関する詳細な情報を必要とすることが挙げられる。例えば、住宅ローンに基づいたアセットバック証券ならば、担保として組み込まれる個々のローンを支払う義務がある者のデフォルトに関する信用情報や、プリペイメントの情報などが必要である。一般にこのような情報は取得困難、あるいは、入手するためのコストが高いものである。

## 【0011】

10

20

30

40

50

さらに、住宅ローンの借り主のうち、誰が破産してしまい、誰のローンが残っているのかが分かったり、また残っているローン借り主に関して、その人の現在の収入、ギャンブル癖など分かれば、時価評価に関し良い分析ができる。しかし、実際にCMOなどのモーゲージ（ローン債券）により裏付けられた証券をいくつかのトランシェと呼ばれるいくつかの種類の異なる部分に分けて発行される証券（後に詳述する）の価値を毎日評価しようとしても、ほとんどの場合、その様な詳細情報はあるか、その日の時点での全体のローン集合のうち何%が不良債権化しているのかでさえ開示されない。一般的な投資家が容易に入手できる情報はさらに限定的で、入手可能な情報がCMOを購入した時の値段、その債券の利率程度に限られることも良くある。

## 【0012】

10

さらに、アセットバック証券の時価評価が困難である他の理由としては、アセットバック証券の担保となる個々の原資産に対する時価評価をシミュレーションしようとする、個々の原資産ごとにモンテカルロ法による複雑な時価計算が必要になり、時間がかかり煩雑であることがある。

## 【0018】

アセットバック証券を購入した投資家が、アセットバック証券の発行時に組入れられた個々の資産の現状の詳細な情報を調べようとしても、投資家にとって、その時点での個々の資産の詳細な情報を調査することは容易な作業ではない。また今までに時価評価の目的で原資産の詳細な情報が開示された事例はほとんどない。

## 【0014】

20

従来、実務上よく利用されているアセットバック証券の時価評価方法は、アセットバック証券の発行時点の信用格付に準じて、信用力の高い国債などのイールド（利回り）の将来の推移の予測に基づき、国債のイールドに対して、イールドスプレッドを上乗せさせ、アセットバック証券のイールドを予測するやり方である。このアセットバック証券の予測されたイールドに基づいて、アセットバック証券の現在価値（時価）を計算する。ここで、イールドスプレッドとは、国債の利回りとアセットバック証券の利回りとの格差のことを行う。一般に、発行時点において、国債などの格付の高い債券のイールド（利回り）は、国債に比べて格付の低い債券のイールド（利回り）に比較して高い傾向にあることに基づき、このようなイールドスプレッドの存在を仮定して計算している。

## 【0015】

30

このような従来のイールドスプレッドを国債のイールドに上乗せさせることによるアセットバック証券の時価評価方法では、アセットバック証券のもつ、担保となるキャッシュフローの時期に基づくストラクチャーの論理的な基本構造（図1のトランシェ）の複雑性を反映していない。このため、アセットバック証券の時価評価において現実の経済と離しているような疑わしい時価評価の結果が得られることがある。

## 【0016】

40

また、アセットバック証券の公表される時価評価として、大手情報ベンダーが公表する時価評価がある。この従来の大手情報ベンダーが公表しているアセットバック証券の時価評価は、資産構成要因の倒産や期限前償還（フリペイメント）等を個別にモデル化して全体を構成する方式（ボトムアップ方式）で解析解を求める方式（簡易評価モデル）である。このモデルは、モンテカルロシミュレーション等の計算機実験的手法ではなく、解析解によってABSの時価評価を可能とした唯一の従来の方式といえる。しかし、このモデルにおいては、前提として、総資産を構成する個々の原資産が均一なものであるという単純化を施しており、このような単純化による現実からの離が原因となって、実データから入力パラメータの推定が難しいものとなっている。また原資産を構成する多くの銘柄間の依存関係や相関、およびそれらを原因とするリスクの修正を時価評価の結果に反映させるのは困難である。

## 【0017】

## 【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記のアセットバック証券の時価評価に係る問題を鑑みてなされたのものであ

50

り、合理的かつ迅速なアセットバック証券の時価計算方法とそのプログラムを提供する。

【0018】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明のアセットバック証券の時価計算方法は、資産に基づくキャッシュフローの総資産額を担保として発行されるアセットバック証券の時価計算方法であって、総資産額、アセットバック証券の担保となる資産額の範囲を示すトランシェの上限値、および該トランシェの下限値をコンピュータが受付けて記憶手段に保存するステップと、総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレビュー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップと、該記憶手段に保存されたトランシェの上限値および下限値と、計算された該期待総資産消滅過程とに基づき、該アセットバック証券の時価を演算手段が計算するステップとを含むことを特徴とする。

【0019】

本発明のアセットバック証券の時価計算方法は、別の態様として、資産に基づくキャッシュフローの総資産額を担保として発行されるアセットバック証券の時価計算方法であって、総資産額、該アセットバック証券の担保となる資産額の範囲を示すトランシェの上限値、該トランシェの下限値、および支払予定日よりも前に支払いがなされることによる資産の消滅額の総資産消滅額に対する割合を示すアリペイメント率をコンピュータが受付けて記憶手段に保存するステップと、総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレビュー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップと、該記憶手段に保存されたトランシェの上限値および下限値と、計算された該期待総資産消滅過程と、該記憶手段に保存された該アリペイメント率とに基づき、該アセットバック証券の時価を演算手段が計算するステップとを含む。

【0020】

本発明のアセットバック証券の時価計算方法は、別の態様として、資産に基づくキャッシュフローの総資産額を担保として発行されるアセットバック証券の時価計算方法であって、総資産額、アセットバック証券の担保となる資産額の範囲を示すトランシェの上限値、該トランシェの下限値、該支払予定日よりも前に支払いがなされることによる資産の消滅額の総資産消滅額に対する割合を示すアリペイメント率、および該キャッシュフロー支払い義務者がデフォルトを起こしたときの資産の消滅額中回収される割合を示すリカバリー率をコンピュータが受付けて記憶手段に保存するステップと、総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレビュー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップと、記憶手段に保存された該トランシェの上限値および下限値と、計算された該期待総資産消滅過程と、記憶手段に保存された該アリペイメント率とに基づき、該アセットバック証券の時価を演算手段が計算するステップとを含む。

【0021】

総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレビュー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップが、記憶手段に保存されている所与のロジスティック曲線モデルの選択をコンピュータが受けるステップと、総資産消滅過程の過去のデータと、ロジスティック曲線モデルの数値との差に基づき、該差を最小にするロジスティック曲線モデル中のパラメータを演算手段が非線形回帰推定計算するステップと、該パラメータに基づき、ロジスティック曲線を演算手段が計算するステップと、計算された該ロジスティック曲線を該総資産消滅過程の平均経路と演算手段がするステップと、期待総資産消滅過程を表すレビュー過程モデル式の選択をコンピュータが受けるステップと、選択された期待総資産消滅過程を表すレビュー過程モデル式に前記平均経路を代入することにより、前記期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップとを含むものとしてもよい。

【0022】

10

20

30

40

50

前記レビュー過程が、ポアソン過程と、ウィナー過程と、ポアソン過程およびウィナー過程を組み合わせた過程とから成る一群から選択される過程であるとすることができます。また、前記レビュー過程が単調増加であることをとすることができます。

【0028】

本発明は、アセットバック証券の時価計算方法をコンピュータにおいて実行するコンピュータプログラムも提供する。本発明のアセットバック証券の時価計算プログラムは、資産に基づくキャッシュフローの総資産額を担保として発行されるアセットバック証券の時価計算プログラムであって、総資産額、該アセットバック証券の担保となる資産額の範囲を示すトランシェの上限値、および該トランシェの下限値をコンピュータが受付けて記憶手段に保存するステップと、総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレビュー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップと、該記憶手段に保存されたトランシェの上限値および下限値と、計算された該期待総資産消滅過程とに基づき、該アセットバック証券の時価を演算手段が計算するステップとを含むステップを実行する。

【0024】

本発明のアセットバック証券の時価計算プログラムは、別の態様として、資産に基づくキャッシュフローの総資産額を担保として発行されるアセットバック証券の時価計算プログラムであって、総資産額、該アセットバック証券の担保となる資産額の範囲を示すトランシェの上限値、該トランシェの下限値、および該支払予定日よりも前に支払いがなされることによる資産の消滅額の総資産消滅額に対する割合を示すプリペイメント率をコンピュータが受付けて記憶手段に保存するステップと、総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレビュー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップと、該記憶手段に保存されたトランシェの上限値および下限値と、計算された該期待総資産消滅過程、該記憶手段に保存された該プリペイメント率とに基づき、該アセットバック証券の時価を演算手段が計算するステップとを含むステップを実行する。

【0025】

本発明のアセットバック証券の時価計算プログラムは、別の態様として、資産に基づくキャッシュフローの総資産額を担保として発行されるアセットバック証券の時価計算プログラムであって、総資産額、該アセットバック証券の担保となる資産額の範囲を示すトランシェの上限値、該トランシェの下限値、支払予定日よりも前に支払いがなされることによる資産の消滅額の総資産消滅額に対する割合を示すプリペイメント率、および該キャッシュフロー支払い義務者がデフォルトを起こしたときの資産の消滅額中回収される割合を示すリカバリー率をコンピュータが受付けて記憶手段に保存するステップと、総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレビュー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップと、該記憶手段に保存された該トランシェの上限値および下限値と、計算された該期待総資産消滅過程、該記憶手段に記憶された該プリペイメント率と、該リカバリー率とに基づき、該アセットバック証券の時価を演算手段が計算するステップとを含む。

【0026】

総資産消滅過程の過去のデータとそれに基づいて求められているモデルに基づき、総資産消滅過程をレビュー過程として、該総資産消滅過程の期待値を示す期待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップが、記憶手段に保存されている所与のロジスティック曲線モデルの選択をコンピュータが受付けるステップと、総資産消滅過程の過去のデータと、ロジスティック曲線モデルの数値との差に基づき、該差を最小にするロジスティック曲線モデル中のパラメータを演算手段が非線形回帰推定計算をするステップと、該パラメータに基づき、ロジスティック曲線を演算手段が計算するステップと、計算された該ロジスティック曲線を該総資産消滅過程の平均経路と演算手段がするステップと、期待総資産消滅過程を表すレビュー過程モデル式の選択をコンピュータが受付けるステップと、選択された期待総資産消滅過程を表すレビュー過程モデル式に前記平均経路を代入することにより、前記期

10

20

30

40

50

待総資産消滅過程を演算手段が計算するステップとを含むものとすることができる。

【0027】

前記レビュー過程は、ポアソン過程と、ウィナー過程と、ポアソン過程およびウィナー過程を組み合わせた過程とから成る一群から選択される過程とすることができます。また、前記レビュー過程が単調増加のものを選ぶことが好ましい。さらに、このようなレビュー過程のうち、解析解を与えるものを選ぶことができる。

本発明は上記のいずれかのプログラムを記録したコンピュータ読取可能な記録媒体も提供する。

このように、本願発明によれば、モンテカルロシミュレーションのような計算時間が多大になる方法（計算機実験的手法）を用いることなく、解析的（解析解を与えるレビュー過程を利用した場合）に、あるいは、与えられた数式についての数値積分程度の計算により、より迅速にアセットバック証券の時価を計算することが可能となり、高速数値計算アルゴリズムの開発が可能となる。これは、より正確な時価評価が求められるようになっている時価会計基準のもとでは大きな利点となる。

【0028】

以下に、本発明のアセットバック証券の時価計算方法に係る主要な用語について説明する。

入力手段とは、キーボードやマウスなどのオペレータの操作による入力手段のほか、フロッピー（登録商標）ディスクなどの記録媒体による入力、あるいはインターネットを含む電気通信回線やLAN（ローカルエリアネットワーク）などの電気信号による入力を受け付ける手段を含む。

【0029】

記憶手段とは、文字や数字などのデータや、プログラムなどを記憶するための手段である。例えば、コンピュータ内のランダムアクセスメモリ、ハードディスクなどである。

【0030】

演算手段とは、プログラムを実行するための数値計算手段のことである。例えば、一般に中央処理装置すなわちCPUといわれているものである。

【0031】

コンピュータとは、上記のような入力手段と、記憶手段と、演算手段とを含む電子計算機をいう。コンピュータは、本発明の目的に合わせて適当な手段として自身を作用させる為の命令を実行し、入力手段からデータを受け付け、記憶手段からデータを呼び出し、演算手段によって演算処理を行なう。さらにコンピュータは、その結果に応じて、計算結果を表示したり、記憶手段に記録したり、他のコンピュータに自ら送信したり、他のコンピュータの求めに応じて送信したり、他の装置を制御したりする。必要に応じて適当なネットワークや通信手段によって他の装置と通信を行なうものであっても良い。例えば、上記の命令の実行に当たり、コンピュータの演算手段が本発明の期待総資産消滅過程を計算する場合には、本発明の期待総資産消滅過程を計算するステップをコンピュータの演算装置が実行することによって、コンピュータが期待総資産消滅過程計算手段として動作する。つまり、コンピュータが期待総資産消滅過程計算手段を含むものとなる。この例のように、コンピュータ自身の動作、あるいはコンピュータのいずれかの手段の動作として記載されている本発明の任意のステップは、コンピュータを構成する適当な手段が当該動作を実行することによって、コンピュータは、入力手段、記憶手段、演算手段以外にも、その動作の手段を含むものとして動作可能なことを意味する。つまり、コンピュータが当該動作手段を含んで構成されているものとする。

【0032】

コンピュータが読み取り可能な記録媒体とは、プログラムやデータを記録し、コンピュータが読み取り可能な媒体のことである。例えば、フロッピー（登録商標）ディスク、CD-ROM、MO、ROMチップなどのことである。

【0033】

アセットバック証券とは、一般には、ある資産に基づくキャッシュフローの総資産額を担

10

20

30

40

50

保として発行される証券である。詳しくは、アセットバック証券とは、ある企業が保有する資産を裏付けにして発行され、企業が保有する債権や不動産などの資産をその企業から分離し、当該資産から生じるキャッシュフローを原資として発行される証券である。

【0034】

企業から分離される資産（アセット）には、売掛金、受取手形、債券（社債）、貸付金（不動産におけるモーゲージ、住宅ローン、自動車ローン、クレジットカードローン）、リース債権、コマーシャルペーパー（CP）などがあり、幅広い資産を対象にアセットバック証券を発行することによる証券化が行われている。本発明におけるアセットバック証券の担保となる資産は、これらの一例に限定されることはなく、キャッシュフローを生む資産となるものであるならば、有形資産、無形資産なども幅広く含むものである。なお、住宅ローンなどの抵当権に基づく債権は、MBS (Mortgage Backed Securities)、モーゲージバック証券としてABSに含めない様に分類されることがあるが、本発明においては、MBSや、そのMBSの一例であるCMO (Collateralized Mortgage Obligation)、CBO (Collateralized Bond Obligation)、CLO (Collateralized Loan Obligation) 等も、何らかの裏付け資産のキャッシュフロー収入に基づく流動性資産のであることから、ABSに含むものとする。アセットバック証券の担保となる資産の一例として、第二順位モーゲージ、ホームエクイティローン（リボルビング型）、モービルホームローン、レジャー用船舶ローン、商業不動産、リース債券、自動車ローン、クレジットカード債券、診療報酬請求権、開発途上国向け債券、ジャンクボンド、LBOローンなどが挙げられる。

【0035】

割引率とは、アセットバック証券の将来価値を現在価値に割り引く際に用いられる金利のことである。

総資産消滅額とは、アセットバック証券の担保となるキャッシュフローの総資産額のうち、何らかの理由によって消滅した額である。この理由としては、例えば、CMOというモーゲージバック証券でいえば、アセットバック証券の担保となるローンの返済支払責任者が支払予定期日より早く返済をすましてしまうことにより将来の金利分に相当するキャッシュフローが消滅するプリペイメントや、返済責任者が債務を不履行せず、その後のキャッシュフローがなくなることなどがある。

【0036】

成長曲線とは、そもそも生物の成長の様相をグラフに示した曲線である。個体の大きさの成長に関するものと、個体数の増加、すなわち、個体群成長に関するものと二つある。普通、横軸に時間、縦軸に適当な測定値をとって示す。個体の大きさの平均成長や個体群成長の場合には、一般にS字状曲線（シグモイドカーブ）が得られる場合が多い。成長曲線の代表的なものとしては、ロジスティック曲線があるが、その他にも、ゴルペルツ曲線、フォン=ペルタランフィー曲線や、2つまたは8つのS字状の曲線をつなぎだものなどがある。

【0037】

ロジスティック曲線とは、上記の成長曲線の一種である。一般には、母集団の大きさYが時間tの関数 $Y = k / (1 + e^{-k b t})$ によって与えられる。ただし、k、bは正の定数である。より一般に、 $Y = k / (1 + e^{c f(t)})$ の形の関数の表す曲線（ただし、cは定数、f(t)は時間tの関数である）をロジスティック曲線といふこともある。本発明においては、これらを全て含むものとする。本発明のアセットバック証券の時価計算方法では、Yは総資産消滅額の推移を示し、 $c f(t)$ は時間に対して総資産消滅額の推移を示す説明関数である。ただし、ロジスティック曲線は $Y = k / (1 + e^{c f(t)})$ の形の関数の式である必要はなく、任意の変形をしてよい。

【0038】

総資産消滅額の消滅過程の過去のデータとは、現実の経済から得られたアセットバック証券の担保となる資産の増減に係るデータをいふ。この過去のデータはアセットバック証券

10

20

30

40

50

ごとに異なるとともに、その証券を保有する投資家によっても質（信頼性）や量ともに異なる。以下の（1）～（5）は、総資産消滅額の消滅過程の過去のデータとして想定される例であり、一般論で検討するよりも、個々のアセットバック証券に対してケース・バイ・ケースで個別に検討する方が好ましい。

#### 【0039】

〔（1） 総資産消滅過程の過去のデータが、最小限のデータしか得られない場合〕

一般的に、総資産消滅過程の過去のデータは、最小限のデータしか得られない場合が最も多い。この場合とは、例えば、総資産消滅過程の過去のデータとして、アセットバック証券の購入価格、満期、利率（クーポン）、格付といったデータしか入手できない場合などのことである。住宅ローンなどのローン・プールを原資産とする場合で、初步的なモデルを利用するのであれば、例えば、後述する〔数5〕のようなポアソン過程の拡散近似式では、モデルパラメータは一例として次のように暫定的に決めることにしてもよい。時間七は発行時点からの経過時間であり、りは格付から決まる社債平均信用スプレッドである。Aを、現実的で大きい適当な値に設定することにより、社債のスプレッドのボラティリティを、実際の社債市場で観測される程度に押さえるものとする。最後に、アセットバック証券のトランシェの幅は、このポアソン過程に基づいて計算される価格が購入価格を実現するものとなるように決める。このとき、この分野に詳しいコンサルタントを利用するなどの方法も併用し、原資産の特性を研究して複雑な減衰経路をもつレビュー過程を前提にしたモデルを利用し、得られる最小限のデータに合わせるようにモデルパラメータを調整することも可能である。

#### 【0040】

〔（2）（1）の場合に加えて、アセットバック証券を構成する個々の資産の発行時点の原資産情報が入手できる場合〕

この場合は、得られる情報の量および質によるが、例えば、アセットバック証券の担保となる個々の原資産の総額や、原資産構成に関する簡単な情報が追加的に入手できる場合である。（1）の場合で適当に設定したAは原資産総額になり、原資産構成に応じてそれぞれの格付から求まる拡散近似式の和として、全体の総資産消滅過程をレビュー過程として組立てることも可能である。

#### 【0041】

〔（3）過去の膨大なローン返済実績データを利用する場合〕

大手金融機関などにとっては、過去の膨大なローン返済の実績データを利用することができます。過去のローン返済の実績データの精度が高い場合、すなわちデータを集めえた状況と、これを適用する状況とが同様である場合には、例えば経済状態が近い状態にある場合は個々の原資産の平均減衰経路を計算しておき、その数値を平均経路として実現するレビュー過程を利用して、総資産消滅過程をレビュー過程としてモデル化する。過去のローン返済の実績のデータの精度があまり望めない場合には、総資産消滅過程の平均経路を成長曲線と仮定して、過去のデータからパラメータの推定を行なう。そして成長曲線を総資産消滅過程の平均経路とするレビュー過程を利用し、モデル化する。

#### 【0042】

〔（4）アセットバック証券の発行時点の個別資産の原資産およびその総額と、トランシェの幅とが入手できる場合〕

アセットバック証券の個々の原資産額の値を直接時価評価に利用し、レビュー過程の分散に係るパラメータ（例えば $\nu$ ）は発行価格から逆算する。トランシェの幅が分からぬ場合は、なるべく格付情報から発行時点の格付を実現するように推定することが好ましい。それが著しく困難な場合には、レビュー過程の分散に係るパラメータは過去のデータから推定し、そして発行価格からトランシェの幅を推定する。

#### 【0043】

〔（5）アセットバック証券の時価計算の時点で、アセットバック証券の担保となる個々の原資産の残高が分かる場合〕

さらにアセットバック証券を時価評価する時点で、アセットバック証券の担保となる個々

10

20

30

40

50

の原資産の残高が分かれば、その値を始点とするレビュー過程を利用し、評価する。もし分からなければ、発行時点からの時間経過とともに、モデルを利用し、最尤法などで現時点の総資産残高を推定する。

これらの過去のデータの例(1)～(5)から分かるように、アセットバック証券の総資産消滅過程をモデル化しておいて、ロジスティックスカーブ(成長曲線)を利用できるのは、かなり恵まれた例外的な場合に限られる。いずれにせよ、上述のような手法を用いて、総資産消滅過程に関する過去のデータに基づいて、総資産消滅過程をモデル化しておく。

#### 【0044】

つぎに、アリペイメント率とは、総資産消滅額のうちアリペイメントによる消滅額の割合を示す。ここで、アリペイメントとは、期限前の返済のことである。モーケージバック証券の一つであるCMOで例示すれば、アセットバック証券の担保となるローンの返済責任者(借り手)が支払予定期日より早く元利を返済することにより将来の金利分に相当するキャッシュフローが消滅することをいう。

#### 【0045】

リカバリー率とは、何らかの理由で失われた総資産の消滅額のうち該総資産額に戻される資産であるリカバリーが総資産消滅額に対して占める割合を示す。

#### 【0046】

レビュー過程とは、一般に、確率連続な加法過程で、その見本関数が確率1でたがだか第1種不連続かつ右連続となっているものをいう。レビュー過程(Levy Process)は確率過程の一種であり、ポアソン過程もウィナー過程(ブラウン運動)も含むかなり一般的な確率過程である。そのほかに、レビュー過程には、時間的一様レビュー過程でその見本関数が飛躍だけで変化し、そのレビュー測度が有限なものである複合ポアソン過程や、コーナー過程(Cauchy Process)がある。

#### 【0047】

ここで、確率過程とは時間とともに値や位置が確率的に変化していくものを数学的に表す概念である。金融工学の分野においては、通常、株価格や証券価格がブラウン運動に従うとしてモデル化される。ブラウン運動は瞬間の変動が正規分布に従う確率過程である。ブラウン運動では値や位置が瞬間に大きく動くことはない(連続的な経路をもって変動する)が、レビュー過程ではそういう瞬間のジャンプも含む(不連続的な経路を有する)確率過程である。またブラウン運動では価格をモデル化した場合、価格が上がることもあれば下がることもあるが、レビュー過程では値動きが時間とともに一方的に下がるだけ(単調減少)、または上がるだけ(単調増加)の変化もモデル化できる。

#### 【0048】

本発明のアセットバック証券の時価計算方法では、アセットバック証券の担保となる総資産の消滅部分の総資産消滅額の推移の過程が、ジャンプも含む単調増加のレビュー過程によるものとしてモデル化を行なう。このレビュー過程のモデル化は特定の数式に限定する必要はなく、個々のアセットバック証券にあわせて適宜変更してもよい。例えば、「岩波数学辞典(第3版)」(日本数学会編、岩波書店発行)の第148頁から第147頁中の「51 加法過程」中の「レビュー(Levy)過程」の記述の数式に基づいて、適宜レビュー過程のモデル式を作成してもよい。

期待総資産消滅過程とは、総資産消滅額  $L_t$  の期待値を示す。

#### 【0049】

以上のように、本発明のアセットバック証券の時価計算方法によると、合理的かつ迅速なアセットバック証券の時価計算方法とそのプログラムを提供することができるようになる。

#### 【0050】

##### 【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態を、図を参照しながら詳細に説明する。

##### 【アセットバック証券】

10

20

30

40

50

本発明におけるアセットバック証券とは、一般に、資産担保証券、アセットバックトセキュリティ (Asset Backed Security)、略してABSと呼ばれているものを含み、上述のように、MBSや、そのMBSの例であるCMO、CLO、CBO等も含むものとする。

【0051】

アセットバック証券は、企業が保有する資産を裏付けにして発行され、企業が保有する債権や不動産などの資産を企業から分離し、その資産から生じるキャッシュフローを担保（裏付け、原資）として発行される証券である。

【0052】

一般には、アセットバック証券を発行するには、まず、資産を企業から分離するため、資産のオリジネータである企業とは別個の法的主体 (SPC=特別目的会社または特定目的会社、SPV、SPEともいう) を設立する。資産のオリジネータである企業は、資産をその特別目的会社に譲渡する。特別目的会社は、譲渡された資産を裏付けにして証券を発行し、投資家に販売する。

【0053】

資産が企業から切り離されているため、元の企業が倒産などの事態に陥っても、特別目的会社が保有する資産が健全であれば、投資家は安心して証券の支払いを受けることができる。つまり、アセットバック証券は、元の企業の信用力ではなく、対象資産の信用力に対して投資される証券ともいえる。例えば、貸付債権を裏付けに発行されたアセットバック証券の場合、債権を保有していた企業が倒産しても、貸付債権自体が優良な債権であれば、投資家は特別目的会社を通じて証券の支払いを受けることができる。

【0054】

企業から分離される資産（アセット）には、売掛金、受取手形、債券（社債）、貸付金（不動産におけるモーゲージ、住宅ローン、自動車ローン、クレジットカードローン）、リース債権、コマーシャルペーパー（CP）などがあり、幅広い資産を担保としてアセットバック証券を発行することによる証券化を行うものとする。

【0055】

なお、本発明におけるアセットバック証券の担保となる資産は、これらの一例に限定されることではなく、キャッシュフローを生む資産となるものであるならば、有形資産、無形資産なども幅広く含むものとする。アセットバック証券の担保となる資産の一例としては、第二順位モーゲージ、ホームエクイティローン（リボルビング型）、モービルホームローン、レジャー用船舶ローン、商業不動産、リース債券、自動車ローン、クレジットカード債券、診療報酬請求権、開発途上国向け債券、ジャンクボンド、LBOローンなどが挙げられる。

【0056】

【一般資産減少モデル】

アセットバック証券の時価は、担保となる資産によって予定されているキャッシュフローが生み出されないことによって下がる。予定されているキャッシュフローが生み出されない理由としては、例えば、住宅ローンを担保とするアセットバック証券では、住宅ローンの返済義務者の個人が債務不履行を起こしたり、支払期日よりも前に返済を行なってしまうプリペイメントによって将来に渡る金利分のキャッシュフローが目減りすることなどがある。その結果、アセットバック証券の時価が下がることになる。

【0057】

従来技術の項において説明したように、アセットバック証券の時価を従来の方法で計算することは、原資産を構成する個々の資産の価格変動をモデル化して全体を分析しなければならないため、困難であった。これに対し、本発明では、アセットバック証券の担保となる原資産全体について、その価値減少過程を一つの確率過程（レバーリング過程）として直接的にモデル化する。すなわち、資産を証券化して流動化させるアセットバック証券を、担保資産の総資産残高の派生商品（オプション）として考える。

【0058】

10

20

30

40

50

時価の計算を簡便かつ正確に行なうために、本実施の形態では、アセットバック証券の時価の計算をする上で、一般資産減少モデルを考えるものとする。一般資産減少モデルは、資産の値動きが時間とともに一方的に下がるだけの変化をするモデルのひとつである。

【0059】

一般的には、アセットバック証券は、担保となる将来のキャッシュフローの総資産残高の契約規程範囲（以下、「トランシェ」と呼ぶ）を担保として債券が発行される。トランシェを説明するために、図1に示されるCMO（Collateralized Mortgage Obligation）と呼ばれるモーゲージバック証券の種類を用いて説明する。

【0060】

CMOは、住宅ローンの返済により生じるキャッシュフローをいくつかの種類の異なる部分であるトランシェに分けて発行する。トランシェは、例えば、図1に示されるように、各ローンの期待される金利と元本を合わせたものを原資産として、短期住宅ローン返済の第一トランシェ、中期住宅ローン返済の第二トランシェ、長期住宅ローン返済の第三トランシェおよび超長期住宅ローン返済の第四トランシェのように、住宅ローン返済のキャッシュフローの期間によって分けたものである。いまでもないが、トランシェの分け方は、それぞれのトランシェに対する元利の振り分けなどの自由度は高く、多様であり、図1の例に限定されるものではない。

【0061】

住宅ローンを元利均等弁済によって返済するものとすると、資産残高が毎月遞減していくが、生まれたキャッシュフローであるこの返済金をまず第一トランシェに、そして第一トランシェが完済されたところで、第二トランシェに、というように順次充当していくことにより、満期や返済スケジュールの異なるいくつかのトランシェになる。

【0062】

図2に示すように、最も短期の第一トランシェは銀行などの機関投資家に、中長期の第二トランシェや第三トランシェは中長期の金融債を発行する銀行などの中長期の機関投資家に、最も長期の第四トランシェは年金運用者にというように、それぞれのトランシェの返済の期間の特性に合わせて、その返済期間とほぼ同じような期間の運用を行なう適当な投資家を対象として募集（プレースメント）を行なうことができる。ただし、返済期間の特性によっては、トランシェを作成する必要はなく、また、返済期間の他の優先度に基づいたトランシェを利用してもよい。

【0063】

このように、アセットバック証券の担保となる原資産を全体で売り出すよりは、トランシェに分けた方が、アセットバック証券の発行体にとって、より有利な条件での証券化が可能になる。アセットバック証券の担保となる原資産を、ある特性（例えば返済期間）に基づいて、トランシェに分けることをセグメンテーション・アービトラージという。

【0064】

あるトランシェについて発行されているアセットバック証券の場合には、アセットバック証券の担保である総資産残高がそのトランシェの上限の金額以上の場合は、その時点においてアセットバック証券の元本100%が保証されているが、総資産残高がトランシェ内に落込んだ場合（当該トランシェの上限を割り込んだ場合）は、その落込み割合に応じて元本が消滅してしまう。また、そのトランシェ以下に落ちはれば、そのアセットバック証券は価値がなくなってしまう。

【0065】

このことを、図3のトランシェを用いて説明する。ある機関投資家が図3のトランシェの範囲の資産を担保とするアセットバック証券を購入したものとする。アセットバック証券の担保とする総資産残高は、総資産消滅額 $L_t$ が $B$ 以下になると、 $\gamma$ で示す曲線のように減少していく。

【0066】

総資産残高がトランシェの上限以上（図3の総資産消滅額 $L_t$ が $B$ 以下）のとき、図3の

10

20

30

40

50

トランシェの範囲の資産を担保とするアセットバック証券の元本は100%保証される。しかし、何らかの理由によって総資産消滅額 $L_t$ が $\beta$ 以上になったとき、つまり、総資産残高がトランシェ内に総資産消滅額( $L_t - \beta$ )だけ落ち込んだときは、図3のトランシェを担保とするアセットバック証券の元本は( $L_t - \beta$ )だけ消滅する。さらに、総資産消滅額 $L_t$ が $\alpha$ 以上になったとき、つまり、総資産残高がトランシェの下限以下に落ちれば、総資産残高が当該トランシェ(つまり当該アセットバック証券)を対象としなくなり、トランシェの範囲を担保とするアセットバック証券の価値がなくなってしまう。

#### 【0067】

一般的には、アセットバック証券は、異なった行使時点のトランシェをレンジとする総資産残高のレンジフォワードの組合せとして評価される。この構成単位レンジフォワードはアセットバック割引債とも呼ばれる。レンジフォワードとは、ヨーロピアンコールオプション(満期においてのみ権利行使できるタイプのコールオプションであり、満期に至る前にも行使できるアメリカンコールオプションと対比される)の組合せで、行使価格の違うコールオプションすなわち行使価格の低い方をロング(買いの先渡取引)し、高い方をショート(売りの先渡取引)する取引である。レンジフォワードはブル・スプレッドとも呼ばれる。ABSにおいてはレンジはトランシェの幅に相当し、高い価格(図3の $\beta$ に相当)と低い価格(図3の $\alpha$ に相当)の二つの行使価格の差がトランシェの幅になる。また、フォワード契約とは先渡契約である。つまり、将来のある時点において、予め定められた価格において原資産を売る、もしくは買うという取引のオプション取引であるヨーロピアンオプションにおけるレンジフォワード取引と、あるトランシェについてのABSの取引とは、ペイオフ形状が同じであり、同様の取り扱いが可能であるということである。

#### 【0068】

また、別の理解の方法として、アセットバック証券の担保となるキャッシュフローを生む資産の消滅は、図4の模式図に示すように考えることができる。総資産消滅額 $L_t$ は、キャッシュフローが生み出されることによる資産の自然減や、キャッシュフローの支払義務者が支払予定期日より前に支払うことによって起こるプリペイメント、支払義務者のデフォルトによって起こる。デフォルトのときはリカバリー(債権回収)も考えるものとする。図4は、総資産残高が減少する過程を示したものである。この総資産は複数の資産から構成される。その複数の資産は、デフォルトの危険がなく、むしろ繰り上げて完済されてプリペイメントが行なわれるものから、デフォルトの危険があるものまで様々なもののが含まれているとする。ここで、優先度とは、アセットバック証券の担保となっているキャッシュフローを支払うべき法人もしくは個人の倒産により元本消滅が起きた際に、予め決められている価値の消滅が起こりにくい順番をいう。つまり、借金の返済義務者の倒産により元本消滅が起きた場合、優先度が低い方から価値が無くなっていく。そして、以下、デフォルトの危険があるものを「優先度が低い」と表現し、プリペイメントが行なわれるものを「優先度が高い」と表現する。

#### 【0069】

図4において、キャッシュフロー生成に伴う自然増とプリペイメントによる増加分とを合わせたものが、総資産消滅額 $L_t$ に対して占める割合を $\phi_t$ とする。このとき、総資産消滅額 $L_t$ に対する自然増とプリペイメントの合計以外は、例えば、デフォルトによる増分等であり、その割合は $(1 - \phi_t)$ となる。すると、 $t$ 時点において、初期の総資産額 $A$ に対して、プリペイメントが起きたときは優先度の高い方から資産が $\phi_t \cdot L_t$ 分だけ消滅し、デフォルトが起きたときは優先度の低い方から資産が $(1 - \phi_t) \cdot L_t$ 分だけ消滅する。 $A - \phi_t \cdot L_t - (1 - \phi_t) \cdot L_t = A - L_t$ が $t$ 時点における総資産残高となる。

#### 【0070】

総資産消滅額 $L_t$ には、季節項を入れて考えてもよい。季節によって、プリペイメントが起こる頻度が上下するからである。例えば、対象とするABSがMBS(CLO)であって、住宅ローンについてのものである場合を例とすれば、3月などの勤務地が変わる異動期には、プリペイメントが増加することが多いし、ボーナス月の6月と12月にはプリペ

10

20

30

40

50

イメントが増加することが多いという経験則がある。

【0071】

次に、アセットバック証券の時価を適切に表現するために、リカバリーの有無、プリペイメントの有無に基づき、【数1】（プリペイメント無し）、【数2】（リカバリー有り、プリペイメント無し）、および【数3】（プリペイメント有り）によって示される3種類の計算モデルを提案する。なお、【数1】から【数3】において、リカバリーはプリペイメントの中に考慮されて組み込まれているものとする。なお、 $E_t$ は、対象となっている時刻 ( $t = 0$ ) において、確率変数として表現された項について確率積分を行なった後の平均を意味する。また、 $c (d_t)$  は次の瞬間に支払われるクーポンであり、 $r_t$  は割引率であり、時間の関数となっている。

10

【0072】

ここで、リカバリー（債権回収）とは、あるトランシェに総資産残高がある場合において、何らかの理由で総資産残高が減少し、その減少資産の一部が回収されて、総資産残高に組み入れられることをいう。実際のリカバリーの例としては、アセットバック証券の担保となっている債権に対する債務者が倒産などによってデフォルトを起こしたときに、予定されるキャッシュフローの全額（デフォルト時点でのデフォルトによって影響を受ける減少資産の全価値 = 総資産残高の減少分）を失わず、その一部が戻って来ることによってアセットバック証券の担保となる総資産に組み入れられることなどである。

【0073】

【プリペイメント無しのアセットバック証券の時価】

20

図3に示すように、アセットバック証券の総資産消滅額  $L_t$  の変動過程が、単調増加な確率過程に従うとすると、トランシェの区間が  $[\beta, \alpha]$  であるとき、時点  $t$  におけるキャッシュフローの現在価値は、【数1】によって示される。ここで、トランシェの上限を原資産から差し引くと下限を同様に表す  $\alpha$  は、単調増加な確率過程である総資産消滅額  $L_t$  の増加方向（資産の減少方向）に対して正であり、 $\alpha > \beta$  の大小関係を有するものとする。つまり、 $L_t$  が、 $L_t < \beta$  のときは、トランシェ  $[\beta, \alpha]$  内のキャッシュフローを担保とするアセットバック証券の元本は 100% 保証される。 $L_t$  が、 $\beta < L_t < \alpha$  のときは、トランシェ  $[\beta, \alpha]$  内のキャッシュフローを担保とするアセットバック証券の元本は  $(L_t - \beta)$  だけ目減りし、 $(\alpha - L_t)$  だけしか保証されていない。 $L_t$  が、 $\alpha < L_t$  のときは、トランシェ  $[\beta, \alpha]$  内のキャッシュフローを担保とするアセットバック証券の元本は消滅してしまう。

30

【数1】

$$\tilde{D}(t) = E_0 \left[ e^{-\int_0^t r_s ds} \frac{\max(\alpha - \max(\beta, L_t), 0)}{\alpha - \beta} \right]$$

【0074】

【数1】によって示される現在価値は、満期を  $t$  とするアセットバック割引債の時刻  $t = 0$  における現在価値（アセットバック割引債価格）であり、本発明に係るアセットバック証券の時価計算方法の評価の基本的な構成要素となる。なお、本明細書の何れの数式においても、ファイナンスの分野における通常の記載にしたがい、通貨単位（通貨の次元）は明示していない。また、積分の表記は、測度論（積分論）における表記を用いている。【数1】は、原資産の消滅額の累積である総資産消滅額  $L_t$  (= 初期の総資産額  $A$  - 総資産残高) に対してのレンジフォワードであるフット型レンジフォワードになっている。【数1】は、消滅していく総資産消滅額  $L_t$  から表現している。ここで、トランシェの幅を定める  $\alpha$  と  $\beta$  は、単調増加な確率過程である総資産消滅額  $L_t$  の増加方向に対して正であり、 $\alpha > \beta$  の大小関係を有するものとする。

40

【0075】

【リカバリー有り、プリペイメント無しのアセットバック証券の時価】

50

さらに、リカバリーを認める場合は、アセットバック証券の現在価格に対するリカバリー額の割合であるリカバリーレートを $\phi_t$ とすると、アセットバック利付債価格は【数2】のように表せる。リカバリーは、倒産などの場合に、貸した金全額を失うことなく、その一部が戻って来ることである。本発明に係るアセットバック証券の時価計算方法では、総資産がトランシェ内に入っている間の消滅していく総資産の一部がリカバリーし、アセットバック証券の所有者に戻ってくることを想定する場合を述べている。アセットバック利付債の価格は、アセットバック割引債価格に保有期間中クーポン支払いの条件をつけた利付債券価格のことを行う。ここで、リカバリー無しの場合は、利付債券価格は途中のより一般的に表記される利息キャッシュフロー $c$  ( $d_7$ ) で重み付けた割引債価格の合計として表される。したがって割引債の価格が求まれば容易にクーポン付きのアセットバック証券(利付債)価格が求まる。これに対し、リカバリーを認める場合においてクーポン付きのアセットバック証券(利付債)として表記した理由は、債券満期までにある時刻(7)において発生するリカバリーによるキャッシュフローと利息として発生するキャッシュフロー $c$  ( $d_7$ ) の両方を、キャッシュフローとして同時に割引くことを考慮したためである。

## 【数2】

$$B = E_0 \left[ e^{-\int_0^T r_s dt} \left\{ \frac{\max(\alpha - \max(\beta, L_t), 0)}{\alpha - \beta} c(dt) + \frac{\max(\min(\alpha, L_t + dL) - \max(\beta, L_t), 0)}{\alpha - \beta} \phi_t \right\} + e^{-\int_0^T r_s dt} \frac{\max(\alpha - \max(\beta, L_T), 0)}{\alpha - \beta} \right]$$

## 【0076】

リカバリーが起こる場合は、総資産消滅額(元本消滅)のシャンプ $d_7$ がトランシェ内に架かった場合に、そのトランシェにおける消滅分だけがリカバリーを受け取る権利の対象となり、そのうち実際のリカバリー額は、リカバリーレート $\phi_t$ を掛けた値になる。ここで、リカバリーレート $\phi_t$ とは、総資産消滅額 $d_7$ に対するリカバリー額の割合をいう。なお、シャンプ $d_7$ それ自体は時刻7を明示的に含んでいないが、確率変数 $L_7$ の変分 $d_7$ が従う分布は時刻7の関数となっている。したがって、式の上では $d_7$ が現れていないが、Eによる期待値計算の手順の中に時刻7についての積分が含まれるものとなる(例えば、後述する【数16】におけるEによる積分)。

## 【0077】

## [プリペイメント有りのアセットバック証券の時価]

より一般的なのは、アセットバック証券において、アセットバック証券の担保であるキャッシュフローを支払予定期日より、支払責任者が早く払うプリペイメントがある場合である。一般に、倒産による元本消滅は、優先度が低い方から起こり、支払予定期限前に起こるプリペイメントおよびアセットバック証券の資産の満期が短いための償還は、優先度が高いトランシェから起こる。

## 【0078】

総資産の減少総額に対するプリペイメント(前払い)の割合を $\phi_t$ とすると、アセットバック証券の利付債価格は、【数8】のように表せる。なお、リカバリーはプリペイメントの中に組み込むようにしてもよい。アセットバック利付債価格とは、アセットバック割引債価格に保有期間中のクーポンによる支払いの条件をつけた利付債券の価格をいう。

## 【数8】

10

20

30

40

$$\begin{aligned}
 B = & E_0 \left[ e^{-\int_0^T \alpha dt} \left\{ \frac{\max(\min(\alpha, A - (1 - \phi_t)L_t) - \max(\beta, \phi_t L_t), 0)}{\alpha - \beta} c(dt) \right. \right. \\
 & + \frac{\max(\min(\alpha, A - (1 - \phi_t)L_t, \phi_{t+dt}(L_t + dL)) - \max(\beta, \phi_t L_t), 0)}{\alpha - \beta} \left. \left. \right\} \right. \\
 & \left. + e^{-\int_0^T \alpha dt} \frac{\max(\min(\alpha, A - (1 - \phi_T)L_T) - \max(\beta, \phi_T L_T), 0)}{\alpha - \beta} \right]
 \end{aligned}$$

10

## 【0079】

ここで、【数3】中のAは、アセットバック証券発行時の初期総資産額（原資産額）を表す。【数3】において、【数2】との違いは、アセットバック証券を担保する、キャッシュフローを支払うべき法人もしくは個人の倒産により、キャッシュフローが減少し、 $\beta$ で表されるトランシェの上限も侵食されいくことを考慮した点である。なお、本発明ではリカバリーレートのモデル化の例は省略したが、リカバリーレートも確率過程としてモデル化してもよい。

## 【0080】

【数1】から【数3】により、アセットバック証券の時価評価のを適切に行なうためには、総資産消滅額 $L_t$ のモデル化を合理的に行なって適切に算出することが、必要である。さらに、リカバーまで考慮する場合は、総資産（原資本）消滅額の確率微分 $dL$ も考慮しなければならない。

## 【0081】

次に、アセットバック証券の担保となる資産の総資産消滅額を、以下に述べるようなポアソン過程によるものと、単調増加レピー（LEVY）過程によるものとによってモデル化し、演算手段によって計算する例を説明する。

## 【0082】

## [ポアソン過程の総資産消滅額]

まず、アセットバック証券の総資産消滅額 $L_t$ のモデル化を行なう上で解析的な計算が行いやすいモデル化の一例として、ポアソン過程の中心極限定理による拡散近似（ブラウン運動近似）による方法を説明する。

## 【0083】

ポアソン過程とは、時間的に一定の率で偶然的に事象を生起させる過程である。ポアソン過程とは、最初は0から出発してしばらくは0のままで、あるとき突然大きさ1だけジャンプして、そしてしばらくは1のままで、またあるとき突然大きさ1だけジャンプして、そしてしばらくは…という、サンプルパスが右上がりの階段のような形を描く確率過程をいう。数学的な定義では、上で「しばらくは0のままで」、「しばらくは1のままで」という昧な表現を定式化することによって得られる。具体的には、1度ジャンプが起こってから次のジャンプが起こるまでの時間間隔が指数分布に従うとするものである。

## 【0084】

本発明の一実施の形態では、アセットバック証券の担保となる総資産の消滅がポアソン過程によって起こるとする。例えば、アセットバック証券の担保となるキャッシュフローの支払義務者が倒産に陥りデフォルトを起こすとき、この倒産が偶然的に生起するものとして、ポアソン過程であるとしてとらえている。本発明では、多数の会社の倒産現象を扱う場合にポアソン過程を利用して複雑になるため、拡散近似を利用してコンピュータによる計算の効率化を図っている。

## 【0085】

中心極限定理とは、大きな母集団から抽出された標本の、標本平均の分布は標本の大きさが大きくなるとき、正規分布に近づくという定理である。本発明の一実施の形態では、アセットバック証券の担保となっている資産の過去の価値の推移に関わるデータを大量に抽

20

30

40

50

出し、標本とし、この標本の推移が正規分布になるとモデル化している。

【0086】

拡散近似（ブラウン運動近似）とは、大きな母集団から抽出された変動標本の、変動標本平均のプロセスは変動標本の大きさが大きくなるときブラウン運動に近づくという中心極限定理を確率変動に応用した近似方法をいう。本発明の一実施の形態では、【数5】のようなポアソン過程の拡散近似式では、モデルパラメータは一例として次のように定める。総資産消滅過程の過去のデータが、最小限のデータしか得られない場合、例えば、過去のデータとして、アセットバック証券の購入価格、満期、利率（クーポン）、格付ぐらいのデータしかない場合、ローン・プールを原資産とする場合で、初步的なモデルを利用するのであれば、例えば、【数5】のポアソン過程の拡散近似式では、モデルパラメータは一例として次のように暫定的に決める。時間 $t$ は発行時点からの経過時間であり、 $r$ は格付から決まる社債平均信用スプレッド、 $A$ は適当に現実的に大きい値で設定し、社債のスプレッドのボラティリティが社債市場で観測されるレベルぐらいで押さえるものとする。最後に、アセットバック証券のトランシェの幅は購入価格を実現するように決める。このとき、この分野に詳しいコンサルタントを利用するなどの方法も併用し、原資産の特性を研究して複雑な減衰経路をもつレビー過程を前提にしたモデルを利用し、得られる最小限のデータに合わせるようにモデルパラメータを調整することも可能である。

【0087】

ここで、【数4】のように定めると、ポアソン過程の中心極限定理による拡散近似は【数5】のように表される。【数4】中の $L_t$ は総資産消滅額であり、 $A$ は初期総資産額であり、 $\mu_t$ は総資産消滅額 $L_t$ を初期総資産額 $A$ によって割った値である。【数5】のモデルの特徴の一つは、アセットバック証券の総資産消滅額 $L_t$ が正規分布によって表されるため、アセットバック証券の時価の解析が容易であり、解は解析解によって求まる点である。なお、【数5】中の $r$ は消滅（倒産）危険率であり、 $dW$ はブラウン運動を表し、 $t$ はアセットバック証券発行時から経過した時間である。

【数4】

$$\mu_t = \frac{L_t}{A}$$

【数5】

$$d\mu = \eta(1-\mu)dt + \sqrt{\frac{\eta}{A}} e^{-\frac{1}{2}\int_0^t \eta ds} dw$$

【0088】

しかし、アセットバック証券の総資産消滅額 $L_t$ の動向をモデル化する上で、【数5】に示すようなポアソン過程の中心極限定理による拡散近似モデルを実際に用いると、アセットバック証券の瞬間資産消滅額 $\mu$ が、単調増加にならず、値が負になる確率が零ではないことが多い。よって、【数5】に示すモデル化をアセットバック証券の時価計算に用いることができるのは、瞬間資産消滅額 $\mu$ が、単調増加にならず、【数5】のモデル化による値が負になる確率をほぼ無視できる場合に限られる。

【0089】

逆に、瞬間資産消滅額 $\mu$ が単調増加になる場合や、あるいは、瞬間資産消滅額 $\mu$ の値が負になる確率が零ではない点を考える必要があるとき（例えば、実際のアセットバック証券の資産消滅額を取り扱い、一度に一定額が消滅する可能性がある場合）には、【数5】におけるブラウン運動の連続パスによっては良好にモデル化することができない。したがって、このような場合には、ポアソン過程の中心極限定理による拡散近似よりは、後に述べる単調増加レビー過程を用いるモデルの方がより好ましい。

【0090】

10

20

30

40

50

## [単調増加レピー過程]

本発明のもう一つの実施の形態では、ポアソン過程の中心極限定理による拡散近似モデルを利用することなく、単調増加レピー過程を使い、アセットバック証券の時価計算のモデル化を試みる。レピー過程は、ポアソン過程も、ブラウン運動（ウィナー過程）も含む一般的な確率過程である。レピー過程は、一般に、確率連続な加法過程で、その見本関数が確率1でたかだか第1種不連続かつ右連続となっているものという。そのほかに、レピー過程には、時間的一様レピー過程でその見本関数が飛躍だけで変化し、そのレピー測度が有限なものである複合ポアソン過程や、コーチー過程 (Cauchy Process) がある。

## 【0091】

本発明においては、アセットバック証券の担保である資産の総資産消滅額  $L_t$  を、単調増加なレピー過程として取り扱う、つまり、時間とともに一方的に上がるだけの変化をする単調増加な確率過程として取り扱う。

## 【0092】

本実施の形態の単調増加レピー過程では、解が解析解によって与えられるタイプを利用する。本実施の形態において利用するタイプは、レピー過程の中ではブラウン運動に次ぐ最も単純なタイプである。ブラウン運動が連続経路であるのに対し、本実施の形態において利用するタイプは数値が跳躍するジャンプのみで構成されるような複合ポアソン過程によるものとする。

一般に、金融工学では、株価や債券価格がブラウン運動に従うとして頻繁にモデル化される。ブラウン運動は瞬間の変動が正規分布に従う確率過程である。したがって、ブラウン運動によって株価や債券の価格をモデル化すると、ブラウン運動では株価や債券の価格が瞬間に大きく動くことはない連続経路になる。

## 【0093】

一般に、ブラウン運動を累積すると正規分布になる。これに対し、本実施の形態の解が解析解によって与えられるタイプは、累積すると拡張  $\Gamma$  分布になる。なお、本実施の形態の解が解析解で与えられるタイプのレピー過程は数多く存在し、拡張  $\Gamma$  分布となるのは最も単純な一つの例に過ぎず、本発明をこれに限定するものではない。本発明の一実施の形態に係るアセットバック証券の時価計算において用いる【数6】や、【数11】（いずれも後に説明する）などの数式に用いるパラメータを適切に選べば、アセットバック証券の時価評価は、ポアソン過程のブラウン運動の正規分布を用いるより、容易かつ精度にコンピュータの演算手段により計算ができる。

## 【0094】

本実施の形態の解が解析解によって与えられるタイプは、アセットバック証券の担保となる資産の瞬間資産消滅額  $\mu_t$  が非心  $\chi$  二乗分布に従い、総資産消滅額  $L_t$  が移動指數分布累積型  $\Gamma$  分布に従う確率過程を想定する。特に、初期時点からの総資産消滅額  $L_t$  の分布は、 $\Gamma$  分布になることが分かっている。

## 【0095】

アセットバック証券の担保となる資産の瞬間資産消滅額  $\mu_t$  を表す非心  $\chi$  二乗過程は非負に値を持つ確率過程である。また、正確なアセットバック証券の時価計算のモデルとしては、アセットバック証券の担保となる資産の総資産消滅額  $L_t$  の最大値が、アセットバック証券の発行時の資産の初期総資産額  $A$  になるところに、吸收壁を設ける必要がある。吸收壁とは、確率論における上限のことであり、例えば、アセットバック証券の担保となる原資産の減少は、元々の原資産（初期の総資産額）以上にはなることがないので、自然な上限ができる。この自然な上限を吸收壁とするのが普通である。

## 【0096】

しかしながら、単調増加なレピー過程は、単調増加であるがゆえに、吸收壁に達するまでの確率分布が吸收壁の影響を受けないという性質があるので、吸收壁を無限遠に置いて分析を行なえる。特に、本発明におけるアセットバック証券の時価計算方法では、総資産消滅額  $L_t$  がトランシェ内に限定されるので、吸收壁は無視してもよい。

10

20

30

40

50

## 【0097】

一般に、レビー過程は伊藤微分のような簡易な表記方法が存在しないため、【数6】のような積率母関数によって定義する。【数6】による総資産消滅額 $L_t$ の定義はあくまで一実施の形態であり、他のレビー過程を示す数式によって定義することもできるのは上述のとおりである。

## 【0098】

積率母関数とは、確率分布の変換の一種である。本実施の形態では、【数6】のような積率母関数は、直接取り扱いにくい確率分布を取り扱う場合の計算テクニックの一種として使用される。

## 【数6】

10

$$E_i[e^{\theta L}] = 1 + \nu \frac{\theta}{1 - \lambda_i \theta} \lambda'_i dt$$

## 【0099】

ここで、【数6】中の $E_t[e^{\theta L}]$ は、確率変数 $e^{\theta L}$ の期待値を表す。 $\nu$ 、 $\lambda_t$ はこのレビー過程を記述するパラメータである。初期時点から確率積分して得られる $\Gamma$ 分布の式中で $\nu$ は $\Gamma$ 関数の引数であり、 $\Gamma$ 分布を構成する指數分布の実数重複度を表している。 $\lambda_t$ はその構成要因の指數分布パラメータでこの指數分布をジャンプ間隔とするボアソン過程のハサードレートにあたる。ただし、瞬間消滅資産額 $L_t$ は、 $L_t$ が単調増加であるために、 $\nu, \lambda_t' > 0$ になる。また、 $\lambda_t' = (d\lambda_t) / (dt)$ である。レビー伊藤の定理により、無限分割可能分布（非心 $\chi$ 二乗分布）のキューミュラント母関数は、【数7】のように無数のジャンプ（跳躍とも、非連続パスともいう。不連続な値の飛びをいう。）の和によって表すことができる。キューミュラント母関数は、積率母関数の対数をとったものである。

20

## 【数7】

$$\nu \frac{\theta}{1 - \lambda_i \theta} \lambda'_i = \int_0^\infty (e^{\theta h} - 1) \nu \frac{e^{\frac{h}{\lambda_i}}}{\lambda_i^2} \lambda'_i dh$$

30

## 【0100】

【数7】が示すことは、総資産消滅額 $L_t$ のジャンプ幅 $h$ のハサードレートが【数8】のように表せるということである。ハサードレート $\nu$ は、つぎの瞬間にジャンプと呼ばれる不連続な値の飛びを生じる確率を示す。通常、ハサードレートは、時間の関数として表現される。

## 【数8】

$$\nu \frac{e^{\frac{h}{\lambda_i}}}{\lambda_i^2} \lambda'_i dh$$

40

## 【0101】

【数6】によって示される確率過程の積率母関数の微分定義式を積分すると、【数9】のように表される。ここで、積率母関数微分定義式は、積率母関数の満たす微分方程式をいう。

## 【数9】

$$E_t [e^{\theta L_T} | L_t = \zeta] = e^{\theta \zeta} \left( \frac{\lambda_t}{\lambda_T} + \frac{1 - \frac{\lambda_t}{\lambda_T}}{1 - \lambda_T \theta} \right)^\nu$$

## 【0102】

【数9】は原点に  $(\lambda_t / \lambda_T)$  だけ確率集中させた指數分布を  $\nu$  回畳込んだ分布を右に  $\nu$  だけ移動させた分布になっている。ここで、 $\nu$  回畳込んだ分布とは、同じ指數分布に従う独立な  $\nu$  個の確率変数の和が従う確率分布のことである。ただしこの場合  $\nu$  は整数である必要はなく、この概念を連續化させたものになっている。

## 【0103】

なお、【数9】を逆ラプラス変換することにより、【数10】で示される総資産消滅額  $L_T$  の確率  $P_{L_T}$  が得られる。総資産消滅額  $L_T$  の確率  $P_{L_T}$  は、【数10】の右辺のように、ガンマ分布を二項分布で加重平均した形の累積確率密度関数になっている。

## 【数10】

$$\begin{aligned} \Pr_t [L_T \leq z | L_t = \zeta] &= \left\{ \frac{\lambda_t^\nu}{\lambda_T^\nu} + \sum_{\kappa=1}^{\infty} \binom{\nu}{\kappa} \frac{(\lambda_T - \lambda_t)^\kappa \lambda_t^{\nu-\kappa}}{(\kappa-1)! \lambda_T^{\nu+\kappa}} \int_{\zeta}^z (z - \zeta)^{\kappa-1} e^{-\frac{z-\zeta}{\lambda_T}} dz \right\} \cdot 1_{z \geq \zeta} \\ &= \left\{ 1 - \sum_{\kappa=1}^{\infty} \left\{ \sum_{i=\kappa}^{\infty} \binom{\nu}{i} \frac{(\lambda_T - \lambda_t)^i \lambda_t^{\nu-i}}{(\kappa-1)! \lambda_T^{\nu+\kappa-1}} \right\} (z - \zeta)^{\kappa-1} e^{-\frac{z-\zeta}{\lambda_T}} \right\} \cdot 1_{z \geq \zeta} \end{aligned}$$

重要なことは  $\nu$  が正整数の場合、和分 (sum) は有限になることである。

## 【0104】

ここで、 $\lambda_t$  をモデル化する際の関係式を【数11】に表す。【数11】は、【数12】によって示される積率母関数の性質に基づいて、【数9】から導かれたものである。【数11】の導き方は、瞬間資産消滅額  $L_t$  のような直接取り扱いにくい確率分布を【数6】に示される積率母関数でまず定義し、【数12】と【数9】により、【数9】右辺を  $\theta$  について微分することにより、 $\theta \uparrow 0$  の極限値を計算し、【数11】を導く。

## 【数11】

$$E_t [L_T | L_t = \zeta] = \zeta + \nu(\lambda_T - \lambda_t)$$

## 【数12】

$$E_t [L_T | L_t = \zeta] = \lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{d}{d\theta} E_t [e^{\theta L_T} | L_t = \zeta]$$

## 【0105】

総資産消滅額  $L_T$  の期待値である期待総資産消滅過程  $E_t [L_T | L_t = \zeta]$  を、例えば、ロジスティック曲線などの成長曲線によってモデル化することができます。ロジスティック曲線とは、成長曲線の一種である。一般的には、母集団の大きさ  $\gamma$  が時間  $t$  の関数  $\gamma = k / (1 + e^{-k b t})$  によって与えられる。ただし、 $k$ 、 $b$  は正の定数である。より一般的には、 $\gamma = k / (1 + e^{c f(t)})$  の形の関数の表す曲線をいう。ただし、 $c$  は定数、 $f(t)$  は時間  $t$  の関数である。ただし、本発明における成長曲線はこの一般式  $\gamma = k / (1 + e^{c f(t)})$  と同じ形である必要はなく、この一般式の変形であってもよいし、指數曲線でもよい。さらには、 $\tanh(\alpha t)$  のような関数式でもよい。

10

20

30

40

50

## 【0106】

本発明の一実施の形態においては、 $\gamma$ を総資産消滅額  $L_T$  として、現実の経済から得られるアセットバック証券の担保となる資産の消滅に係るデータに基づいて、コンピュータが、 $c_f$  (七) の関数を具体的に定めるのに必要なパラメータを非線型回帰推定することにより計算することが好ましい。

## 【0107】

本発明の一実施の形態として、金利と、アセットバック証券の担保となる総資産消滅額は独立であると仮定すると、【数10】に示す分布関数を用い、通常の割引債価格を  $D_T$  (T) とすると、アセットバック割引債価格は、【数1】に基づき【数18】のように表される。

## 【数18】

$$\begin{aligned} \tilde{D}_{t,\zeta}(T) = D_t(T) & \left\{ \frac{\lambda_t^\nu}{\lambda_T^\nu} \frac{\max(\alpha - \max(\beta, \zeta), 0)}{\alpha - \beta} \right. \\ & \left. + \sum_{\kappa=1}^{\infty} \binom{\nu}{\kappa} \frac{(\lambda_T - \lambda_t)^\kappa \lambda_t^{\nu-\kappa}}{(\kappa-1)! \lambda_T^{\nu+\kappa}} \int_{\zeta}^{\infty} \frac{\max(\alpha - \max(\beta, z), 0)}{\alpha - \beta} (z - \zeta)^{\kappa-1} e^{-\frac{z-\zeta}{\lambda_T}} dz \right\} \end{aligned}$$

## 【0108】

アセットバック証券という金融商品を時価評価する際の最小単位が割引債であるので、アセットバック証券の時価を計算するためには、アセットバック割引債の価格を計算する。ただし、一般に、アセットバック割引債の元本（総資産）償還はアセットバック証券の契約条件の制約を受ける。すなわち、アセットバック証券の担保となる総資産総残高がトランシェ内か外かによって変化する。

## 【0109】

【数18】に基づき、【数18】のアセットバック割引債の期待値計算を行なうと、 $\max(\alpha, \beta)$  を取り除くことができ、【数14】のようになる。一般には、 $\nu$ が正整数の場合、和分の上限は $\nu$ になるので簡便なコンピュータプログラムによってアセットバック割引債の期待値計算を行うことができて、評価することができる。【数14】は、リカバリー条件なし、プリペイメント条件なしのアセットバック割引債の価格である【数1】に相当するものである。

## 【数14】

$$\begin{aligned} \tilde{D}_{t,\zeta}(T) = D_t(T) & \left\{ \alpha - \zeta - \nu(\lambda_T - \lambda_t) + \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{\kappa=i+1}^{\infty} \binom{\nu}{\kappa} \frac{(\kappa-i)(\lambda_T - \lambda_t)^\kappa \lambda_t^{\nu-\kappa}}{\lambda_T^{\nu+i-1}} \frac{(\alpha - \zeta)^i}{i!} e^{-\frac{\alpha-\zeta}{\lambda_T}} \right\} \cdot \frac{1_{\zeta < \alpha}}{\alpha - \beta} \\ & - D_t(T) \left\{ \beta - \zeta - \nu(\lambda_T - \lambda_t) + \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{\kappa=i+1}^{\infty} \binom{\nu}{\kappa} \frac{(\kappa-i)(\lambda_T - \lambda_t)^\kappa \lambda_t^{\nu-\kappa}}{\lambda_T^{\nu+i-1}} \frac{(\beta - \zeta)^i}{i!} e^{-\frac{\beta-\zeta}{\lambda_T}} \right\} \cdot \frac{1_{\zeta < \beta}}{\alpha - \beta} \end{aligned}$$

## 【0110】

同様に、プリペイメント条件付アセットバック利付債価格は、【数15】、【数16】の積分計算をおこなえばよい。これも【数14】のように解析解を求めることが可能である。【数15】は、リカバリー条件あり、プリペイメント条件ありのアセットバック割引債の価格である【数1】に相当するものである。

## 【数15】

10

20

30

40

$$\begin{aligned}\tilde{D}_{t,\zeta}(T) = D_t(T) & \left\{ \frac{\lambda_t^\nu \max(\min(\alpha, A - (1 - \phi_T)\zeta) - \max(\beta, \varphi_T\zeta), 0)}{\alpha - \beta} \right. \\ & \left. + \sum_{\kappa=1}^{\infty} \binom{\nu}{\kappa} \frac{(\lambda_T - \lambda_t)^\kappa \lambda_t^{\nu-\kappa}}{(\kappa-1)!} \int_t^{\infty} \frac{\max(\min(\alpha, A - (1 - \phi_T)z) - \max(\beta, \varphi_T z), 0)}{\alpha - \beta} (z - \zeta)^{\kappa-1} e^{-\frac{z-\zeta}{\lambda_t}} dz \right\}\end{aligned}$$

【数16】

$$B_{t,\zeta} = \int_0^T \{ \tilde{D}_{t,\zeta}(\tau) \cdot c_\tau + D_t(\tau) \cdot v_{t,\zeta}(\tau) \} d\tau + \tilde{D}_{t,\zeta}(T)$$

10

【0111】

[アセットバック証券の時価計算]

本発明に係るアセットバック証券の時価計算をコンピュータによって行なうための方法についての一実施の形態を、図面を参照しながら、次に説明する。

図5に示すように、本発明のアセットバック証券の時価計算方法は、総資産額と、トランシェの上限値を定める $\beta$ と、トランシェの下限値を定める $\alpha$ とをコンピュータの入力手段によって受け付ける（ステップ10）。トランシェとはアセットバック証券の担保となる将来のキャッシュフローの総資産残高の契約規程範囲のことである。なお、トランシェは総資産額における範囲を示している。トランシェと増減が逆となる総資産消滅額の範囲を定めるために用いた、 $\alpha > \beta$ の関係を有する $\alpha$ と $\beta$ を用いると、トランシェの上限と下限は、（トランシェの上限） = （初期の総資産残高） -  $\beta$ 、（トランシェの下限） = （初期の総資産残高） -  $\alpha$ とそれぞれ定めることができる（図8参照）。

【0112】

ロジスティック曲線に基づき、総資産消滅額 $L_t$ の平均経路 $\nu\lambda_t$ を演算手段が計算する（ステップ20）。

ステップ20の計算例としては、図7に示すようなフローチャートが挙げられる。まず、ロジスティック曲線モデルの選択をコンピュータの入力手段が受け付ける（ステップ21）。このロジスティック曲線モデルは、アセットバック証券の対象となる担保から得られる過去の総資産消滅額のデータから、適宜適当なものを選択することができる。ロジスティック曲線モデルとしては、現実の総資産消滅額を表すのに適当な成長曲線であればよく、 $t \alpha n h (\alpha_t)$ や、 $y = k / (1 + e^{-f(t)})$ の形の関数を表す曲線や、母集団の大きさ $\lambda$ が時間 $t$ の関数 $y = k / (1 + e^{-k_b t})$ 、指數関数でもよい。

【0113】

例えば、ロジスティック曲線として $t \alpha n h (\alpha_t)$ が選択されたとき、時刻 $t$ に対して、総資産消滅額 $L_t$ の過去のデータと、ロジスティック曲線 $t \alpha n h (\alpha_t)$ との数値との差を演算手段が計算する（ステップ22）。

次に、総資産消滅額 $L_t$ の過去のデータと、ロジスティック曲線 $t \alpha n h (\alpha_t)$ の数値との差に基づき、最小二乗法によって、差を最小にするパラメータ $\alpha$ を演算手段が非線形回帰推定計算する（ステップ23）。そして、パラメータ $\alpha$ に基づきロジスティック曲線 $t \alpha n h (\alpha_t)$ を演算手段が計算する（ステップ24）。こうして求めた総資産消滅額 $L_t$ の過去のデータにフィットするロジスティック曲線 $t \alpha n h (\alpha_t)$ を総資産消滅額 $L_t$ の増加経路とみなし、その増加経路を各時刻 $t$ での平均経路 $\nu\lambda_t$ とする。つまり、演算手段によって計算された該ロジスティック曲線を、演算手段が、総資産消滅過程の平均経路とする（ステップ25）。

【0114】

次に、平均経路 $\nu\lambda_t$ に基づき、総資産消滅額 $L_t$ がレビュー過程としてモデル化し得られる【数11】に示すように期待総資産消滅過程 $E[L_t]$ を演算手段が計算する（ステップ30）。ステップ30の一例としては、図8に示すようなフローチャートが挙げられる

20

80

40

50

。期待総資産消滅過程  $E_t [L_t]$  を表すレビュー過程モデル式の選択をコンピュータが受けける（ステップ 81）。期待総資産消滅過程  $E_t [L_t]$  の例としては、【数 11】が挙げられる。しかし、【数 6】の定義が異なれば、【数 11】も異なる。

さらに、選択された期待総資産消滅過程  $E_t [L_t]$  を表すレビュー過程モデル式に平均経路  $\gamma_{L_t}$  を代入することにより、期待総資産消滅過程  $E_t [L_t]$  を演算手段が計算する（ステップ 82）。

#### 【0115】

トランシェの上限値を定める  $\beta$  と、トランシェの下限値を定める  $\alpha$  と、期待総資産消滅過程  $E_t [L_t]$  とに基づき、【数 14】に基づき、任意の時点でのアセットバック証券の時価  $B = D$ （七）を演算手段が計算する（ステップ 40）。

10

#### 【0116】

次に、本発明のアセットバック証券の時価計算方法の他の実施の形態として、図 6 のフローチャートを説明する。図 6 のフローチャートと、図 5 のフローチャートとの違いは、プリペイメント率を考慮している点である。

まず、トランシェの上限値を定める  $\beta$  と、トランシェの下限値を定める  $\alpha$  と、プリペイメント率  $\phi_t$  をコンピュータが受け付ける（ステップ 110）。そして、記憶手段に保存されている所与のロジスティック曲線に基づき、総資産消滅額  $L_t$  の平均経路  $\gamma_{L_t}$  を演算手段が計算する（ステップ 120）。総資産消滅額  $L_t$  の平均経路  $\gamma_{L_t}$  に基づき、総資産消滅額  $L_t$  がレビュー過程であるとして、期待総資産消滅過程  $E_t [L_t]$  を演算手段が計算する（ステップ 130）。そして、トランシェの上限値を定める  $\beta$  と、トランシェの下限値を定める  $\alpha$  と、期待総資産消滅過程  $E_t [L_t]$  と、プリペイメント率  $\phi_t$  とに基づき、【数 15】を用いて、任意の時点でのアセットバック証券の時価  $B = D$ （七）を演算手段が計算する（ステップ 140）。

20

#### 【0117】

##### 【実施例】

本発明に係るアセットバック証券の時価計算方法の実施例を次に説明する。アセットバック証券の時価計算方法における数式に出てくるパラメータの推定方法は、入手可能な情報によりそれぞれの場合に合わせて工夫することができます。

次の事例はローン不良化の実績が類似の過去データから想定できると仮定できる場合のアセットバック証券の時価計算方法である。アセットバック証券の担保となる全原資産の平均的な資産消滅額  $L_t$  はほぼロジスティック曲線  $\gamma = t \alpha \ln h (\alpha t)$  に従うと仮定する。

30

#### 【0118】

実体経済から得られる資産消滅額  $L_t$  に関する過去データをもとに演算手段によって、非線型回帰推定を行なう。非線形回帰推定の際に同時に行なう誤差解析からパラメータ  $\gamma$  を演算手段によって計算できる。ここで過去のデータとしては、1997年4月から2001年10月の大手金融機関によるローン不良債権化シナリオのデータを用いた。

資産消滅額に関する過去のデータなどの情報が少ない場合は、【数 14】または【数 15】によって示されるモデルで時間に依存するパラメータを定数にするなどして、推定計算をすることができる。

40

#### 【0119】

図 9 は、再評価時点におけるアセットバック証券の利回りの変化を示した図である。縦軸は、再評価時点におけるアセットバック証券の利回りを表し、横軸は発行時点からの再評価するまでの時間（年）を表している。この事例ではアセットバック証券の担保はローンであり、契約規定範囲であるトランシェは、 $\beta$  で規定される上限が残高 12 億 6 千万円で、 $\alpha$  で規定される下限が 8 億円であるとしたアセットバック利付債（証券）を想定した。このアセットバック証券は 5 年満期であり、クーポンは 4.85% であった。ここで、本発明に係るアセットバック証券の時価計算方法と、従来のモンテカルロシミュレーションによるものと、従来の大手情報会社であるベンダー評価モデルによるものとを比較した。なお、本発明に係るアセットバック証券の時価計算方法では、アセットバック証券の担保

50

となる資産の平均減衰データから各種パラメータを計算した。モンテカルロシミュレーションは、アセットバック証券の担保となる資産の各構成銘柄の倒産シナリオに基づき、将来時点で再評価した際の22000回の平均値を示した。

#### 【0120】

ここで、乱数の代わりに市場データを用いた、従来の大手情報ベンダーの評価モデルは、アセットバック証券の担保となる総資産消滅過程の個々の原資産が均一なものであるとしてボトムアップ的に単純化したものである。すなわち、それぞれの均一資産の減少過程が独立的にボアソン過程に従うものとしてモデル化しており、利回りからこのモデルの特徴を殆ど決めてしまう基本パラメータ（ハザードレート）を計算することを特徴としている。従来のボトムアップ方式によって解析的なモデル化ができるのは限定的であり、前述の従来の例が希少例として挙げられる。しかし、このような従来例では、ボトムアップ方式で解析解を求めようとするので、自由度があるモデルパラメータを少なくしないといけない。なぜなら、アセットバック証券の担保となる資産数が増加すると、コンピュータの演算時間がかかりすぎて現実的でなくなるからである。この理由のため、従来例のモデルパラメータは、例えば、契約期間、個別の倒産危険率、資産数などのパラメータに限定される。このように、従来例は単純にできているため、総資産消滅過程の平均経路は単純な指數関数となり、現実的な経済現象と離してしまった。

#### 【0121】

一方、本発明のアセットバック証券の時価計算方法は、アセットバック証券の担保となる総資産を直接モデル化するというトップダウン方式で総資産消滅過程をモデル化し、自由度が高くなっているので、前記の従来例とは異なり、証券の担保となる資産数が増加しても、解析的な答えを出すことができ、しかも、コンピュータの演算時間が従来と比べかなりにくく、効率的になっている。

#### 【0122】

図9に示すように、本発明に係るアセットバック証券の時価計算方法による再評価時点でのアセットバック証券の利回りの変化は、従来のモンテカルロシミュレーションを用いたアセットバック証券の利回りの変化とほぼ同じであることが分かる。この点で、モンテカルロシミュレーションと同等の予測精度が得られることがわかる。計算機実験であるモンテカルロシミュレーションに比べ、本実施態様によるアセットバック証券の時価計算方法は、解析的に行われるために、計算速度が速く、効率的であり、また精緻な方法である。また、従来の解析的な手法であるベンダー再評価モデルでは、計算速度は早いものの、その結果を左右するパラメータの決定は、発行時の利回りのみに基づいており、過去データに基づくシミュレーションからは図9に示すように離してしまっている。これは、個々のパラメータを適切に設定しないと最終的な結果が適切に得られないという、ボトムアップ型のベンダー再評価モデルの問題を示している。本発明の評価方法にあっては、こういったボトムアップ手法をとらずにレビュー過程を用いた新規な方法を用いることにより、モンテカルロシミュレーションに匹敵する予測精度と、解析的手法による計算速度とを両立することが可能となった。

#### 【0123】

さらに、再評価の時間（年）（revaluing time (year)）の1.8年から2.0年において、ベンダーモデルによるアセットバック証券の利回り変化のカーブと、本発明のアセットバック証券の時価計算方法によるアセットバック証券の利回りの変化のカーブを比較すると、図9から明らかのように、本発明ではアセットバック証券の利回りが急激に上昇している。これは、本発明のアセットバック証券の時価計算方法において、総資産消滅過程をレビュー過程としたためである。レビュー過程はジャンプ発生頻度を自由に調整できるので、総資産消滅過程において消滅額が一時期に集中してジャンプし、過去のデータに基づいて1998年頃の実体経済の変動を反映して、アセットバック証券の利回りが急激に変化している。ところが、従来の標準ボアソン過程を前提とするベンダーモデルでは、総資産消滅過程はジャンプ頻度を考慮していないため、利回りが急激に上下することはない。

10

20

30

40

50

## 【0124】

なお、本実施の形態の説明において説明した例以外の場合であっても、任意の総資産消滅過程がレビュー過程を利用して理論的に高い精度で近似できることがわかっている。

## 【0125】

## 【発明の効果】

上記したところから明らかなように、本発明のアセットバック証券の時価計算方法によると、合理的かつ迅速なアセットバック証券の時価計算ができるようになる。また、アセットバック証券の時価の解析解による計算がより合理的なものとなり、解析解に基づく高速数値計算も可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

10

【図1】一般的なアセットバック証券のトランシェの構造を示す模式図である。

【図2】一般的なアセットバック証券のトランシェの構造と資本市場との関係を示す模式図である。

【図3】一般的なアセットバック証券の総資産残高の変移を示す模式図である。

【図4】一般的なアセットバック証券の総資産残高の変移を示す模式図である。

【図5】本発明に係るアセットバック証券の時価計算方法の一実施の形態を示すフローチャートである。

【図6】本発明に係るアセットバック証券の時価計算方法の他の実施の形態を示すフローチャートである。

【図7】本発明に係るアセットバック証券の時価計算方法のロジスティック曲線の計算の一実施の形態を示すフローチャートである。

【図8】本発明に係るアセットバック証券の時価計算方法の期待総資産消滅過程の一実施の形態を示すフローチャートである。

【図9】本発明に係るアセットバック証券の時価計算方法と、従来のモンテカルロシミュレーションを用いるアセットバック証券の時価計算方法と、従来のベンダー再評価モデルを用いるアセットバック証券の時価計算方法による再評価時点におけるアセットバック証券の利回りの変化を比較した比較図である。

## 【符号の説明】

D～(七) 時刻 $t_7$ に発生するキャッシュフローの現在価値

20

$E_0[\cdot]$   $E_0[X]$  は、確率変数 $X$ の期待値(平均値)

$\max$   $\max X$  は集合 $X$ の最大要素

$\min$   $\min X$  は集合 $X$ の最小要素

$r_t$  ディスカウントレート(割引率)

$\alpha$  ヨーロピアンコールオプションの組み合せにおける行使価格の低い方の価格、総資産残高におけるトランシェの下限を定める値

$\beta$  ヨーロピアンコールオプションの組み合せにおける行使価格の高い方の価格、総資産残高におけるトランシェの上限を定める値

$B$  アセットバック利付債価格

$t$  アセットバック証券発行時からの時間

30

$T$  満期

$L_t$  時刻 $t$ における元本量

$L_T$  時刻 $T$ における元本量

$c(d_t)$  次の瞬間に支払われるクーポン

$\phi_t$  リカバリーレート

$dL$  リカバリーを考慮した際の元本量 $L_t$ の確率微分

$A$  初期総資産額

$\phi$  資産消滅割合

$\eta$  ハザードレート、消滅・倒産危険度

$dw$  ブラウン運動、ウィナー過程

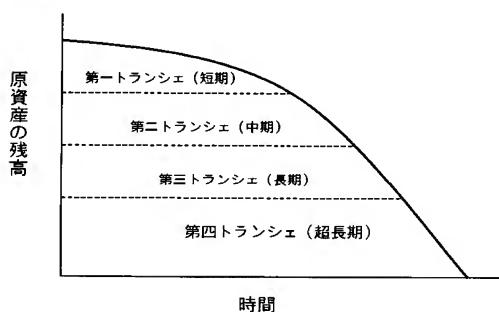
$E_t[\cdot]$  積率母関数

40

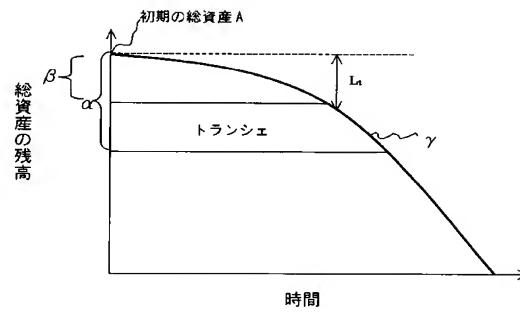
JP 2004 38372 A 2004.2.5

$\theta$	積率ジェネレーター	
$\nu$	$\Gamma$ 関数の引数、置込み重複度	
$\lambda_t$	指數分布の引数、ポアソンパラメーター	
$h$ バー	ジャンプ幅	
$\zeta$	現時点での資産消滅額	
$P_{R_t}$	累積確率密度関数	
$\varphi$	確率密度関数の引数（確率変数の上限を与える）	
$\lambda_T$	指數分布の引数、ポアソンパラメーター	
$\lambda_T \nu$	$\lambda_T$ の $\nu$ 乗	
$\lambda_t \nu$	$\lambda_t$ の $\nu$ 乗	10
$\kappa$	和分の添字	
$\varphi$	積分の添字、確率密度関数の引数（確率変数・元本消滅量の上限を与える）	
$\zeta$	和分の添字	
$D_t$ ( $T$ )	通常の割引債価格	
$D \sim \zeta$	アセットバック割引債価格	
$\tau$	積分の添字、キャッシュフローのタイミング	
$c_t$	て時点で支払われるクーポン	
$\nu_t$	$\zeta$ ( $\tau$ ) 瞬間元本償還率	
10	受付ステップ	
20	ロジスティック曲線計算ステップ	20
30	期待総資産消滅過程計算ステップ	
40	アセットバック証券の時価計算ステップ	
120	ロジスティック曲線計算ステップ	
180	期待総資産消滅過程計算ステップ	
140	アセットバック証券の時価計算ステップ	

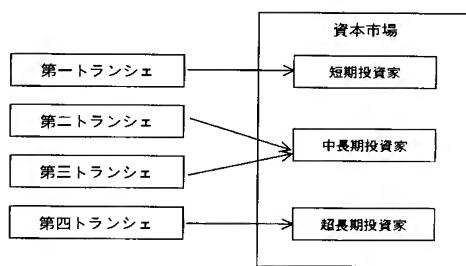
【図 1】



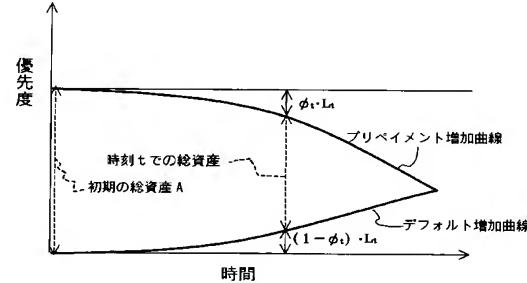
【図 3】



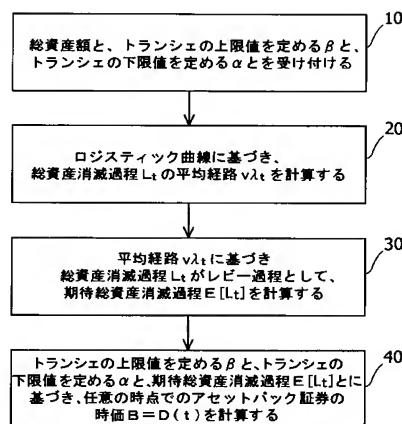
【図 2】



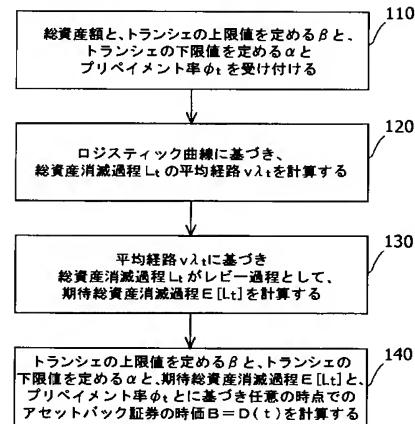
【図 4】



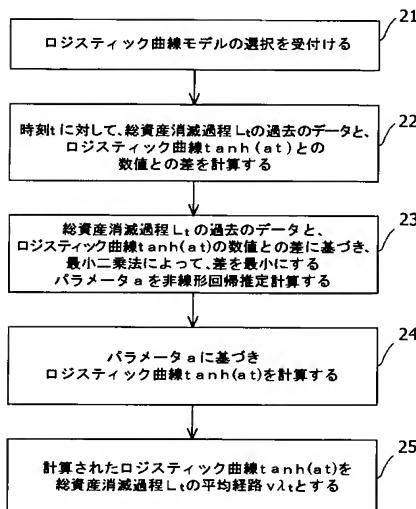
【図 5】



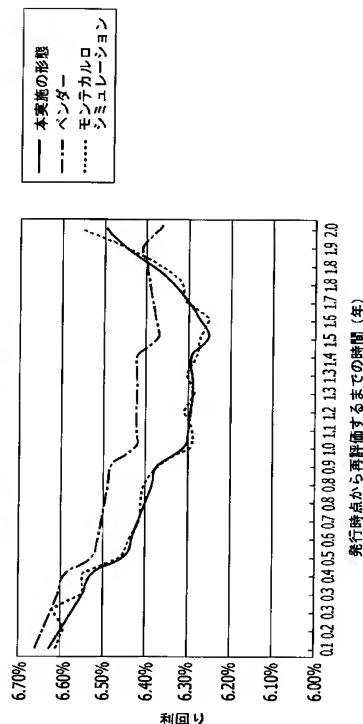
【図 6】



【図 7】



【図 9】



【図 8】

